



①9 **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 47 102 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**G 01 H 9/00**  
G 01 M 7/02

②1 Aktenzeichen: 101 47 102.5  
②2 Anmeldetag: 25. 9. 2001  
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 2003

**DE 101 47 102 A 1**

⑦1 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:  
Rothenfusser, Max, 81377 München, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:

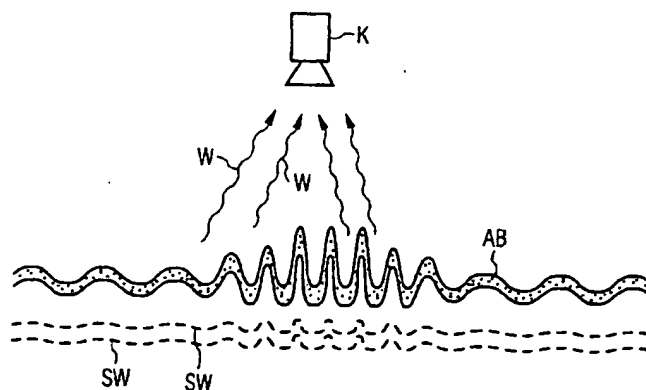
DE	44 13 739 C2
DE	37 17 645 C2
DE	33 35 117 C2
DE	32 06 285 C2
DE	43 29 898 A1
DE	41 09 399 A1
US	52 13 879 A

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 **Vorrichtung und Verfahren für Vibrationsmessungen**

⑤7 Die Erfindung besteht im Wesentlichen darin, dass ein für eine Schwingungsanalyse zu überwachendes Objekt mit einer schallabsorbierenden Schicht versorgt wird und im Falle das es selbst nicht vibriert, mit einem schallerzeugenden Objekt verbunden ist, wobei während der Vibration des zu untersuchenden Objekts kennzeichnende Wärmestrahlung abgegeben wird, die von einem für diesen Zweck geeigneten Detektor erfasst wird.



**DE 101 47 102 A 1**

[0001] Die Erfindung betrifft Vibrationsmessungen von Objekten anhand von Sensoren oder bildgebenden Detektoren.

[0002] Viele technische Anordnungen, wie zum Beispiel Turbinen, Generatoren, Produktionsmaschinen und Fahr- und Flugzeuge weisen in der Regel während des Betriebes mechanische Schwingungen auf. Diese mechanischen Schwingungen führen allerdings unvermeidlich zu Vibrationsbelastungen von empfindlichen Bauteilen, Lockerungen von mechanischen Verbindungen oder Verbindungsstellen, bis hin zu mechanischem Versagen des schwingenden Körpers aufgrund von Ermüdung. In der Regel ist eine Ausdehnung der Schwingungen durch die Luft als ständig begleitender Lärm vorzusetzen. Da die oben genannten Nebeneffekte die Sicherheit, Lebensdauer oder auch Leistungsfähigkeit der mechanischen Systeme schwer beeinträchtigen können, ist es von hoher Bedeutung, sowohl die Vibrationsamplituden selbst als auch deren räumliche Verteilung über die mechanischen Teile erkennen zu können.

[0003] Eine Reihe von etablierten Messverfahren für die Messung von mechanischen Schwingungen, welche teilweise über Detektoren auch bildgebend sind, stellen den Stand der Technik dar. Hierbei werden beispielsweise Einpunkt-Sensoren für Auslenkung, Teilchengeschwindigkeit, Beschleunigung auf der Basis induktiver, kapazitiver, piezoelektrischer oder optischer Verfahren eingesetzt. Zu den weiteren Techniken gehören Messverfahren unter Verwendung von Laserstrahlen basierend auf dem Dopplerprinzip, verschiedene Interferometrieverfahren, sowie die Methode, Pulver oder feine Späne auf die zu überwachenden Teile für eine visuelle Beobachtung der Anhäufung bzw. Ausdünnung im Bereich der Vibrationsmaxima bzw. -minima aufzubringen.

[0004] Die oben genannten Verfahren und Systeme weisen die folgenden, wesentlichen Nachteile auf:

- Sie sind mit spezifischen Einschränkungen bezüglich des Messbereiches (Frequenz, Amplitude und Polarisation) verbunden, das heißt, in der Regel können nur Teilinformationen gewonnen werden bzw. eine Kombination verschiedener Verfahren ist notwendig.
- Einige Verfahren erfordern sogar eine Berührung des Sensors mit dem zu untersuchenden Objekt, welches zu Störungen in der Schwingungsanalyse führt.
- Bekannte Scanning-Techniken eines zu untersuchenden Objekts sind äußerst zeitaufwendig.
- In manchen Verfahren, wie z. B. bei der Speckle-Interferometrie, sind keine periodische Schwingungen eines zu untersuchenden Objektes möglich.

[0005] Die oben genannten Mängel führen zu einer Adaptivitätseinschränkung des Messverfahrens, zur geringen Handhabbarkeit der Messvorrichtung und zur einer allgemeinen Komplexität die unmittelbar mit erheblichen Kosten verbunden ist. Somit besteht das Bedürfnis für eine attraktive Alternative.

[0006] Es liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, bei der/dem eine Messung eines schwingenden Objektes und die Erfassung deren Schwingungseigenschaften anhand einfacher und gegebenenfalls handhabbarer Mittel ermöglicht wird.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß hinsichtlich der Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Patentanspruchs 8 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindungen ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

[0008] Die Erfindung besteht im Wesentlichen darin, dass ein für eine Schwingungsanalyse zu überwachendes Objekt mit einer schallabsorbierenden Schicht versorgt wird und im Falle das es selbst nicht vibriert mit einem schallerzeugenden Objekt verbunden ist, wobei während der Vibration des zu untersuchenden Objekts kennzeichnende Wärmestrahlung abgegeben wird, die von einem für diesen Zweck geeigneten Detektor erfasst wird.

[0009] Es ergeben sich die wesentlichen Vorteile, dass anhand standardisierter Infrarottechnik eine einfache und unkomplizierte Methode zur Verwirklichung einer Schwingungsanalyse eines beliebig geformten Objektes ausgeführt werden kann, wobei im Gegensatz zum Stand der Technik Schwingungen auch nahezu instantan analysiert werden können. Weitere Vorteile werden in den Ausführungsbeispielen genannt.

[0010] Die Erfindung wird anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungs- und Anordnungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

[0011] Fig. 1 ein zu untersuchendes Objekt welches mit einer schallabsorbierenden Schicht präpariert ist und

[0012] Fig. 2 die Ausstrahlung von Infrarotwellen während der Vibration eines mit einer schallabsorbierenden Schicht versorgten Objektes.

[0013] In Fig. 1 ist ein zu untersuchendes Objekt B dargestellt, das mit einem schallerzeugenden Objekt C, beispielsweise eine Sonotrode, verbunden bzw. gekoppelt ist um eine Vibration des Objekts B zu ermöglichen. Das Objekt B ist mit einer schallabsorbierenden Schicht A oberflächennah präpariert. Dabei wird das Materialgefüge dieser Schicht so verändert, dass es bei Schwingungen dissipativ gegenüber Schallwellen wirkt. Bei einer oszillierenden, mechanischen Deformation des zu untersuchenden Objekts B erfolgt eine Aufheizung, d. h. Temperaturerhöhung dieser Schicht. Der hiermit erzeugte Anstieg der Wärmestrahlung W, welcher ein Maß für lokale Schwingungsamplituden ist, wird zunächst von einer Infrarotkamera K oder von einem Punkt- oder Zeilensensor K erfasst.

[0014] Für die Präparation der schallabsorbierenden Schicht wird die Schicht beispielsweise durch mechanische Bearbeitung wie Sand- oder Kugelstrahlen, Schleifen und Fräsen, durch Bestrahlung mit Fremdatomen und radioaktive Teilchen, durch chemische Prozesse wie beispielsweise Ätzen oder Stoffumwandlung oder durch thermische Prozesse auf das zu untersuchenden Objekts präpariert. Dabei ist die Bestrahlung so auszuführen, dass sehr oberflächliche Mikroschäden im Material des zu untersuchenden Objekts entstehen. Die Reibung beispielsweise zwischen benachbarten Bestandteilen eines Mikrorisses führt unter Umständen auch zu einer Wärmeausstrahlung die zunächst von einem Sensor erfasst wird.

[0015] In einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die vorliegende Probe, bzw. das zu untersuchende Material, nicht selbst verändert, sondern mit einer entsprechenden schallabsorbierenden Schicht oberflächlich beschichtet, bzw. überzogen. Dabei ist die Verwendung eines Klebestreifens als schallabsorbierende Schicht eine besonders einfache und effektive Methode die zur gewünschten Wärmeausstrahlung bei Vibrationen führt. Für die schallabsorbierende Schicht eignen sich ferner alle viskoelastischen Materialien, welche mit einer geeigneten Technik wie zum Beispiel Spritzen, Gießen, Streichen, Rollen auf das zu untersuchende Material aufgetragen werden können. Das viskose Verhalten des schallabsorbierenden Materials führt zunächst auch zur gewünschten Produktion von Wärme und der damit verbundenen Infrarotstrahlung. Als Beispiele für solche Materialien seien Lacke, Öle, Klebstoffe oder auch natürlich vorkommende Materialien genannt. Ferner können

auch spezielle Nicht-Kunststoff-Materialien, welche aufgrund ihrer inhomogenen Struktur schallabsorbierend wirken, verwendet werden. Ein bekanntes Beispiel stellen industriell eingesetzte Keramiksichten dar, welche mit unterschiedlichen Techniken wie Flammsspritzen, Plasma-Spraying oder Vapor Deposition, aufgebracht werden.

[0016] Das zu untersuchende Objekt wird vorzugsweise mit einem Ultraschall gebenden Schallerzeuger angeregt, um Lärm während einer Untersuchung möglichst zu verringern.

[0017] In Fig. 2 wird die Aktivität der Wärmestrahlung während Vibration eines zu untersuchenden Objekts dargestellt. Hierbei dehnen sich Schallwellen SW durch das Objekt aus, wodurch an der oszillierenden, schallabsorbierenden Schicht AB Wärmestrahlungen W abgegeben werden, die zunächst von der Infrarotkamera K erfasst werden. Die Schwingungsamplituden des zu untersuchenden Objekts erlauben auch die Erkennung von einer gewissen Struktur im Objekt. Eine höhere Schwingungsamplitude wäre z. B. an der Oberfläche eines dünnen Objektbereiches zu erwarten, wobei an der Oberfläche eines dickeren Objektbereiches kleinere Schwingungsamplituden zu erwarten sind. Die Endpunkte bzw. Spitzen eines Objektes können dabei sehr starke Schwingungsamplituden aufweisen, die ggf. bei starker Schwingung abbrechen könnten, wie z. B. bei einer Schaufel einer Turbine. Dabei sind die Auswirkungen einer stehenden Welle im Vergleich zu den Auswirkungen einer Wanderwelle derart verschieden, dass die Amplituden im schwingenden Objekt unterschiedliche Intensitäten von Wärmeausstrahlungen verursachen. Ein Bereich eines Objekts wo eine stehende Welle deutlich durch die Kamera ersichtlich ist kann z. B. genauer untersucht werden um strukturelle Schwächen im Objekt erkennen zu können.

[0018] Zur Erfassung und Beobachtung der Oberflächen-aufheizung des zu untersuchenden Materials können vorteilhafter Weise existierende Techniken verwendet werden. Dabei ist jeder punkt-, zeilen-, oder flächenförmiger Infrarotdetektor mit genügend hoher Wärmeflussauflösung geeignet.

[0019] Ein weiterer Vorteil der Erfindung ergibt sich dadurch, dass keine Einschränkungen bezüglich der Art und Zeitstruktur von Schwingungsanregungen bestehen. Somit können Anregungen des zu untersuchenden Objekts mit Pulsen beliebiger Zeitstruktur, einmalige oder wiederholte Anwendungen, periodische Anregungen mit einer oder mehreren Frequenzen, ausgeführt werden. Dabei können zusätzlich sowohl planare als auch nicht-planare Schwingungsmoden analysiert werden, welches mit dem bisherigen Stand der Technik nicht möglich war.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Analyse eines schwingenden Objekts, bei der ein zu untersuchendes Objekt mit einer schallabsorbierenden Schicht oberflächlich präpariert ist und mit einem schallerzeugenden Objekt gekoppelt ist oder das Objekt allein schallerzeugend ist, wobei die schallabsorbierende Schicht eine höhere Schallabsorption aufweist als das zu untersuchende Objekt und die durch Schwingungen erzeugte Wärmestrahlung aus der schallabsorbierenden Schicht von einem Detektor detektierbar ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Detektor bildgebende Infrarottechnik aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der Detektor ein punkt-, zeilen-, oder flächenförmiger Detektor ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das Material des zu untersuchenden Objektes mit einer schallabsorbierenden Schicht oberflächlich prä-

pariert ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der das zu untersuchende Objekt an der Oberfläche mit der schallabsorbierenden Schicht beschichtet wird.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die schallabsorbierende Schicht optimal mittels Sand- und/oder Kugelstrahlen, Schleifen und/oder Fräsen, Bestrahlung mit Fremdatomen und/oder radioaktive Teilchen, Ätzen, Stoffumwandlung oder thermische Prozesse präpariert ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5, bei der die schallabsorbierende Schicht ein viskoelastisches Material ist.

8. Verfahren zur Analyse eines schwingenden Objektes, bei dem ein mit einer schallabsorbierenden Schicht präpariertes, zu untersuchendes Objekt anhand einer Verbindung mit einem schallerzeugenden Objekt zum Vibrieren gebracht wird oder das Objekt selbst vibriert, wobei die schallabsorbierende Schicht eine höhere Schallabsorption bewirkt als das zu untersuchende Objekt und mittels der Schallabsorption mindestens eine lokale Aufheizung, welche Schwingungsamplituden im vibrierenden Objekt entspricht, und eine Erhöhung der Wärmestrahlung verursacht wird und diese Wärmestrahlung von einem Detektor detektiert wird.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

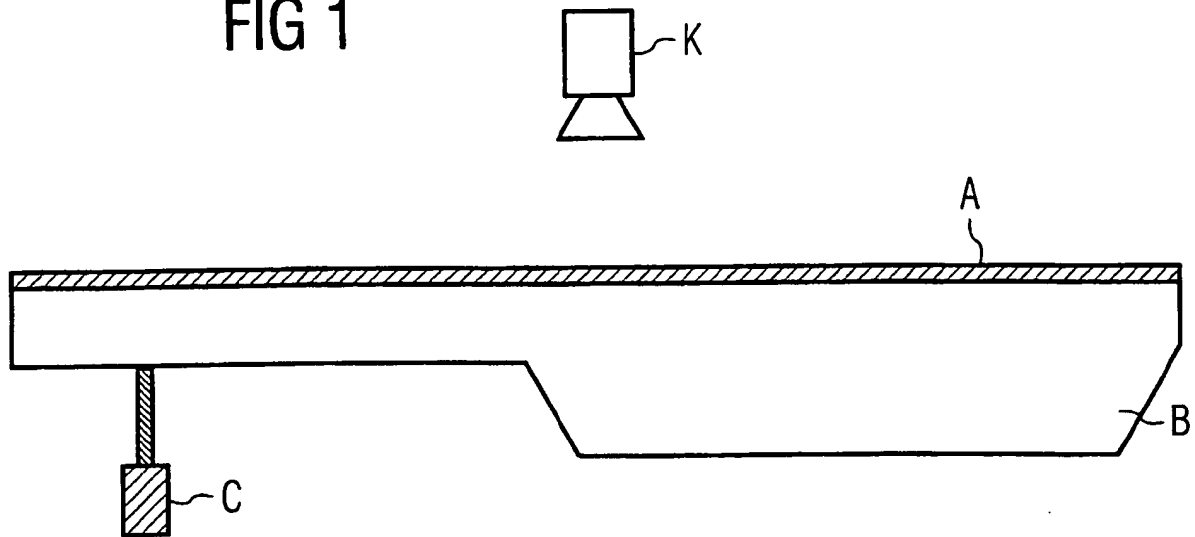


FIG 2

